

Jacek SKORUPSKI¹, Piotr UCHROŃSKI²

MODEL DO OCENY STANU SYSTEMU ZABEZPIECZEŃ PORTU LOTNICZEGO

Streszczenie. Port lotniczy stanowi złożony system antropotechniczny (składa się z wielu elementów powiązanych licznymi relacjami wewnętrznymi), w którym silnie jest zaznaczona rola czynnika ludzkiego. Jednym ze szczegółowych zadań realizowanych przez zarządzającego portem lotniczym (ZPL) jest skonfigurowanie systemu zabezpieczeń portu lotniczego (SZPL), tak aby uzyskać oczekiwany poziom zaufania co do jego bezpieczeństwa. Polega ono na doborze infrastruktury, wyposażenia technicznego, alokacji personelu i środków finansowych niezbędnych do realizacji wszystkich funkcji SZPL.

W artykule omówiono elementy składające się na SZPL, które są jednocześnie zmiennymi decyzyjnymi dla zarządzającego portem lotniczym podczas realizacji przez niego zadania konfiguracji SZPL. Zaproponowano rozmytą analizę SZPL opartą na modelu zależności i wpływu poszczególnych elementów systemu na poziom ochrony lotniska. Jego ocena będzie wyrażona wartością zmiennej lingwistycznej, a sposób jej uzyskania będzie uwzględniał ocenę skuteczności systemu kontroli bagażu, systemu kontroli osób, poziomu ochrony zewnętrznej i kultury bezpieczeństwa.

W celu zilustrowania istoty metody przedstawiono modele lokalne do oceny poziomu ochrony przed nieuprawnionymi działaniami na terenie lotniska oraz do oceny skuteczności systemu kontroli bagażu rejestrowanego. W pracy przedstawiono sposób uzyskiwania oraz przykładowe parametry przyjętych trapezowych funkcji przynależności dla zmiennych lingwistycznych *Napłotowy* oraz *Wykrywalność materiałów*. Proponowana metoda oceny systemu zabezpieczeń lotniska polega na budowie hierarchicznego systemu wnioskowania rozmytego, w którym wyjścia z modeli lokalnych niższego rzędu są wejściami modeli lokalnych wyższego rzędu. System taki jest obecnie tworzony.

Wstępne analizy pokazują, że proponowane podejście może być skuteczne jako element systemu wspomagania zarządzającego portem lotniczym w zakresie konfiguracji SZPL.

Słowa kluczowe: system ochrony lotniska, bezpieczeństwo ruchu lotniczego, gotowość operacyjna, system wnioskowania rozmytego

MODEL FOR THE EVALUATION OF THE AIRPORT SECURITY SYSTEM

Summary. An airport is a complex human-factors engineering system; it is composed of many elements interconnected with numerous internal relations with a strongly pronounced role of the human factor. One of specific tasks carried out by the airport managing entity (AME) is to configure the airport protection system (APS) so that to attain the expected level of confidence in the airport safety. The task consists in selection of infrastructure, technical

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, e-mail: jsk@wt.pw.edu.pl

² Górnośląskie Towarzystwo Lotnicze S.A., e-mail: puchronski@gtl.com.pl

equipment, allocation of personnel and financial means that are necessary to perform all functions of the APS.

The paper discusses the elements that make up the APS that are both decision variables for the airport operator during the execution of the APS configuration tasks. Fuzzy APS analysis is proposed based on the model of dependency and impact of the individual components of the system at the level of airport security. This assessment will be expressed by the value of linguistic variable. The method to obtain this value would include an assessment of the effectiveness of the baggage inspection system, the passenger inspection system, the level of external protection and security culture.

To illustrate the concept of the method, local models to assess the level of protection against unauthorized activities at the airport and to assess the effectiveness of the baggage inspection system are presented. The paper describes a method for obtaining parameters of trapezoidal membership functions which have been adopted for the linguistic variables “*Napłotowy*” and “*Wykrywalność materiałów*”. The proposed method of assessing the airport security system involves the construction of a hierarchical fuzzy inference system in which the outputs of the lower-level local models are inputs of higher-order local models. Such a system is being established.

Preliminary analyzes show that the proposed approach can be effective as part of a system for supporting the airport operator in configuring APS.

Keywords. airport protection system, air traffic safety and security, operational availability, fuzzy inference system

1. WPROWADZENIE

Port lotniczy to lotnisko użytku publicznego wykorzystywane do lotów handlowych. Lotnisko zaś to wydzielony obszar na lądzie, wodzie lub innej powierzchni w całości lub w części przeznaczony do wykonywania startów, lądowań i naziemnego lub nawodnego ruchu statków powietrznych wraz ze znajdującymi się w jego granicach obiektami i urządzeniami budowlanymi o charakterze trwałym, wpisany do rejestru lotnisk [11].

Port lotniczy składa się z wielu elementów powiązanych licznymi relacjami wewnętrznymi, w którym jest silnie zaznaczona rola czynnika ludzkiego. Stanowi on zatem złożony system antropotechniczny. Stan gotowości operacyjnej portu lotniczego można zdefiniować jako stan eksploatacyjny, w którym [9]:

- możliwe jest kontynuowanie podejścia do lądowania i lądowanie,
- możliwa jest obsługa naziemna, w tym obsługa przedstartowa samolotów, obsługa pasażerów związana z ich przyjęciem na pokład samolotu oraz opuszczeniem samolotu po locie wraz z przyjęciem i odbiorem bagażu,
- możliwe jest wykonywanie operacji odlotu po zakończeniu obsługi naziemnej w sposób zgodny z planem, procedurami i przepisami ruchu lotniczego.

Na utrzymanie stanu gotowości operacyjnej portu lotniczego duży wpływ ma jakość (skuteczność) systemu zabezpieczeń przed tzw. aktami bezprawnej ingerencji [6]. W dotychczasowych badaniach nad zagadnieniem gotowości operacyjnej portu lotniczego skupiano się głównie na niezawodności poszczególnych elementów technicznych systemu, jaki stanowi port lotniczy, wraz z ich strukturą niezawodnościową i losowymi czynnikami zakłócającymi, np. warunkami meteorologicznymi [8]. Stosunkowo niewielką uwagę poświęcano roli czynnika ludzkiego w zapewnieniu gotowości systemu. Jeszcze mniej badań dotyczy aspektu celowego działania człowieka w kierunku pomniejszenia gotowości operacyjnej portu lotniczego, a także zagadnieniom przeciwdziałania takim zachowaniom.

Wśród publikacji zajmujących się ściśle tematyką systemu ochrony lotniska warto wskazać pracę [4], w której wskazano na konieczność nie tylko zapewnienia właściwego poziomu ochrony portu lotniczego, lecz także minimalizacji uciążliwości tego procesu dla pasażera. Nowy sposób realizacji oczekiwania do kontroli bezpieczeństwa zaproponowano w [10], gdzie wykazano duże oszczędności możliwe do uzyskania dzięki zastosowaniu tzw. wirtualnych kolejek.

W niniejszej pracy wskazujemy, że system ochrony (zabezpieczeń) lotniska stanowi element działań profilaktycznych zmierzających do przeciwdziałania powstaniu sytuacji, w której port lotniczy nie będzie w stanie realizować swoich funkcji. Jest on zatem istotnym obszarem skutecznej strategii utrzymania systemu portu lotniczego w stanie zdatności. Na nic bowiem zda się próba optymalizacji strategii utrzymania części technicznej tego systemu, jeśli nastąpią działania o charakterze bezprawnym ze strony pasażerów czy terrorystów – port lotniczy nie będzie w stanie wykonywać swoich zadań. W artykule wskazano, że niemożliwa jest pełna ocena gotowości operacyjnej systemu bez uprzedniej oceny systemu zabezpieczeń (systemu ochrony lotniska). Zaproponowano metodę przeprowadzenia takiej oceny. Opiera się ona na opracowanym modelu zależności pomiędzy poszczególnymi elementami systemu zabezpieczeń i można jej dokonać z wykorzystaniem metod wnioskowania rozmytego.

2. SYSTEM ZABEZPIECZEŃ PORTU LOTNICZEGO

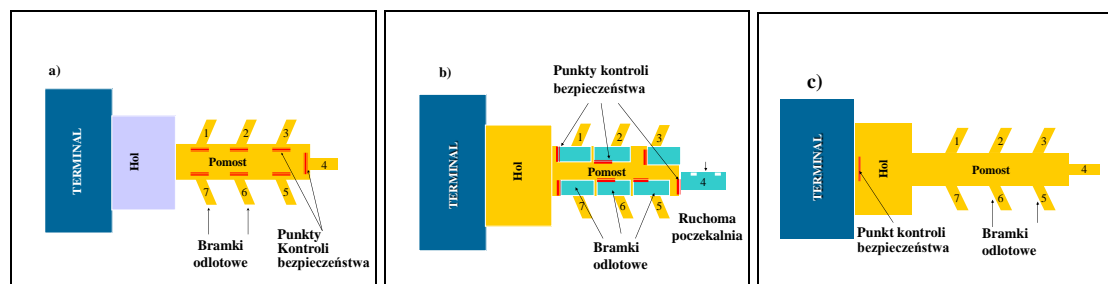
System zabezpieczeń portu lotniczego (SZPL) służy przeciwdziałaniu sytuacjom kryzysowym, czyli zagrożeniu bezpieczeństwa wystąpieniem lub możliwością wystąpienia aktu bezprawnej ingerencji [1, 2]. To ostatnie pojęcie jest definiowane [6] jako bezprawny i celowy akt polegający m.in. na:

- zniszczeniu statku powietrznego albo spowodowaniu jego uszkodzeń,
- umieszczeniu na pokładzie statku powietrznego przedmiotu, urządzenia lub substancji, które mogą zniszczyć statek powietrzny,
- porwaniu statku powietrznego,
- zniszczeniu urządzeń naziemnych lub pokładowych, zakłóceniu ich działania,
- przekazaniu nieprawdziwej informacji, która powoduje zagrożenie osób i mienia w komunikacji lotniczej,
- zniszczeniu albo poważnym uszkodzeniu urządzeń na lotnisku.

Praktyczny sposób osiągania celu działania SZPL z jednej strony sprowadza się do poddania osób i bagażu kontroli bezpieczeństwa przed ich załadunkiem na statek powietrzny. Z drugiej strony polega na tzw. ochronie peryferyjnej, czyli przeciwdziałaniu nieuprawnionemu wtargnięciu na teren lotniska.

W odniesieniu do kontroli bezpieczeństwa można spotkać następujące struktury kontroli bezpieczeństwa [14]:

- w bramce odlotowej przed wejściem na pokład statku powietrznego (brak poczekalni odlotowej) – rys. 1a,
- przed wejściem do poczekalni odlotowej (system zdecentralizowany) – rys. 1b,
- przed wejściem do holu prowadzącego do bramek odlotowych (system scentralizowany) – rys. 1c.



Rys. 1. Struktury kontroli bezpieczeństwa (a - w bramce odlotowej, b - system zdecentralizowany, c - system scentralizowany)

Fig. 1. Security control structures (a - at the departure gate, b - decentralized system, c - centralized system)

Międzynarodowe zrzeszenie przewoźników lotniczych IATA ustaliło standard poziomu obsługi pasażera w punktach kontroli bezpieczeństwa – (PKB). Zaleca się, aby średnia przepustowość jednego stanowiska wynosiła 120 pasażerów na godzinę przy maksymalnym czasie oczekiwania na obsługę wynoszącym 7 minut (zalecane 3 minuty). Na jeden ciąg kontroli bezpieczeństwa powinno przypadać ok. 130 m² i powinien on być obsługiwany przez 3-5 pracowników.

Kontrola bezpieczeństwa jest złożonym procesem, wspomaganym przez różne urządzenia, których skuteczność i szybkość działania w sposób zasadniczy wpływa na zdolność SZPL do wypełniania swoich funkcji [5]. Wykorzystuje się:

- bramowe detektory metalu,
- ręczne detektory metalu,
- urządzenia rentgenowskie służące do wykrywania materiałów wybuchowych [15],
- urządzenia do wykrywania materiałów radiacyjnych

W ochronie peryferyjnej stosuje się przede wszystkim ogrodzenia mające utrudnić lub uniemożliwić fizyczny dostęp na teren lotniska. W przypadku sforsowania ogrodzenia lub przedostania się w inny sposób na obszar chroniony pomoc w wykryciu intruzów mogą stanowić:

- fizyczne patrole osobowe lub samochodowe,
- kabel sensoryczny zakopywany,
- kabel sensoryczny napłotowy,
- kamery – CCTV – telewizji przemysłowej,
- czujki ruchu,
- radary,
- bariery mikrofalowe.

3. KONCEPCJA SYSTEMU OCENY STANU ZABEZPIECZEŃ LOTNISKA

Zarządzający portem lotniczym (ZPL) jest odpowiedzialny za utrzymanie portu lotniczego w stanie gotowości operacyjnej. Jednym ze szczegółowych zadań realizowanych przez ZPL jest takie skonfigurowanie systemu zabezpieczeń lotniska, aby uzyskać oczekiwany poziom zaufania co do jego bezpieczeństwa [7]. Polega ono na doborze infrastruktury, wyposażenia technicznego, alokacji personelu [12] i środków finansowych niezbędnych do realizacji wszystkich funkcji SZPL. Dokonanie konfiguracji SZPL w sposób

racjonalny wymaga wiedzy o tym, w jaki sposób poszczególne elementy skomplikowanej struktury wpływają na ostateczny poziom bezpieczeństwa lotniska [3].

Przegląd literatury wskazuje na brak efektywnych metod oceny stanu zabezpieczeń konkretnego lotniska w kontekście zapewnienia gotowości operacyjnej. Mając to na uwadze, proponujemy model matematyczny oparty na teorii wnioskowania rozmytego, w którym na wyjściu uzyskamy ocenę stanu systemu zabezpieczeń lotniska jako czynnika utrzymania gotowości portu lotniczego. Ocena ta będzie wyrażona wartością zmiennej lingwistycznej, a sposób jej uzyskania będzie uwzględniał wszystkie niezbędne czynniki związane z ochroną lotniska: kontrolę bagażu, osób, ochronę peryferyjną. Będzie również uwzględniał wpływ otoczenia w postaci charakterystyki środowiska operacyjnego i organizacyjnego.

W naszej pracy koncentrujemy się na zbudowaniu hierarchicznej struktury rozmytej, uwzględniającej wszelkie czynniki mające wpływ na ocenę systemu ochrony lotniska jako czynnika utrzymania gotowości operacyjnej portu lotniczego. Opracowany model wraz z jego komputerową implementacją w systemie SciLab może być traktowany jako system ekspertowy do wspomagania decyzji dla osób odpowiedzialnych w praktyce za dobór infrastruktury, wyposażenia technicznego i personelu na potrzeby systemu ochrony lotniska.

Przez zbiór rozmyty rozumiemy zbiór postaci:

$$A = \{(x, \mu_A(x)): x \in X, \mu_A(x) \in [0, 1]\} \quad (1)$$

gdzie μ_A jest funkcją charakterystyczną tego zbioru.

Zmienną lingwistyczną nazywamy zmienną, której wartościami są słowa lub zdania w języku naturalnym lub sztucznym. Powyższe słowa lub zdania nazywamy wartościami lingwistycznymi zmiennej lingwistycznej.

W naszych modelach przyjmujemy, że zmienne lingwistyczne przyjmują wartości *bardzo małe* (*bm*), *małe* (*m*), *średnie* (*s*), *duże* (*d*) i *bardzo duże* (*bd*). Dla wartości *bardzo małe* trapezowa funkcja przynależności o parametrach (*a, b, c, d*) jest następująca:

$$\mu_{bm}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a = b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases} \quad (2)$$

Dla wartości *małe*, *średnie* i *duże*:

$$\mu_i(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases} \quad (3)$$

gdzie $i \in \{m, s, d\}$.

Dla wartości *bardzo duże* funkcja przynależności jest dana wzorem:

$$\mu_{bd}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ 0, & x > c = d \end{cases} \quad (4)$$

W zakresie procesu wnioskowania będziemy się posługiwać kolejno blokiem rozmywania wartości wejściowych, blokiem wnioskowania wykorzystującym bazę reguł oraz blokiem wyostrzania wartości wynikowych. Baza reguł będzie tworzona z wykorzystaniem

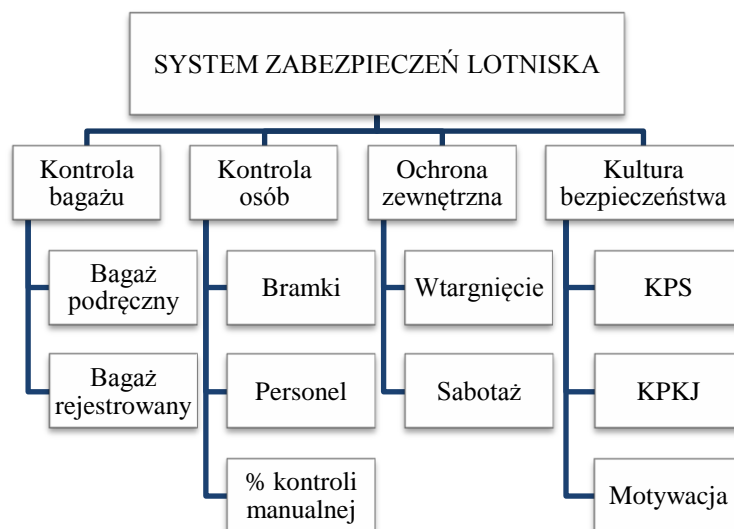
opinii ekspertów, w szczególności osób odpowiedzialnych za organizację systemu zarządzania bezpieczeństwem (SMS) w portach lotniczych.

W rozdziale 4 zostanie przedstawiony przykład fragmentu analizy dla oceny systemu zabezpieczeń portu lotniczego Katowice-Pyrzowice.

4. MODEL SYSTEMU ZABEZPIECZEŃ PORTU LOTNICZEGO

W rozdziale 2 przedstawiono różne metody operacyjne i środki techniczne składające się na SZPL. Istotą niniejszej pracy jest propozycja metody pozwalającej na ilościową ocenę skuteczności SZPL w zależności od zastosowanego wyposażenia, kwalifikacji personelu, skuteczności systemu zarządzania bezpieczeństwem, procedur itp. Można wydzielić cztery podstawowe czynniki wpływające na stan bezpieczeństwa lotniska i są to: system kontroli bagażu, system kontroli osób, ochrona zewnętrzna, kultura bezpieczeństwa. Ogólny schemat zależności między tymi czynnikami został przedstawiony na rys. 2.

Na ogólną ocenę skuteczności systemu kontroli bagażu składają się oceny częściowe, odnoszące się do systemu kontroli bagażu podręcznego (realizowane w PKB) oraz systemu kontroli bagażu rejestrowanego (realizowane w systemie BHS – baggage handling system). Na system kontroli osób składają się bramki dostarczane obecnie w dwóch standardach oraz personel dokonujący kontroli wraz z przyjętą organizacją procesu kontroli manualnej. Ocena poziomu ochrony zewnętrznej jest determinowana przez poziom ochrony przed fizycznym wtargnięciem na lotnisko oraz poziom ochrony przed sabotażem wewnątrz lotniska. W odniesieniu do kultury bezpieczeństwa można sformułować jej ocenę, opierając się na wymogach wynikających z krajowego programu szkoleń (KPS), krajowego programu kontroli jakości (KPKJ) oraz oceny motywacji kadry zarządzającej w zakresie bezpieczeństwa [13].

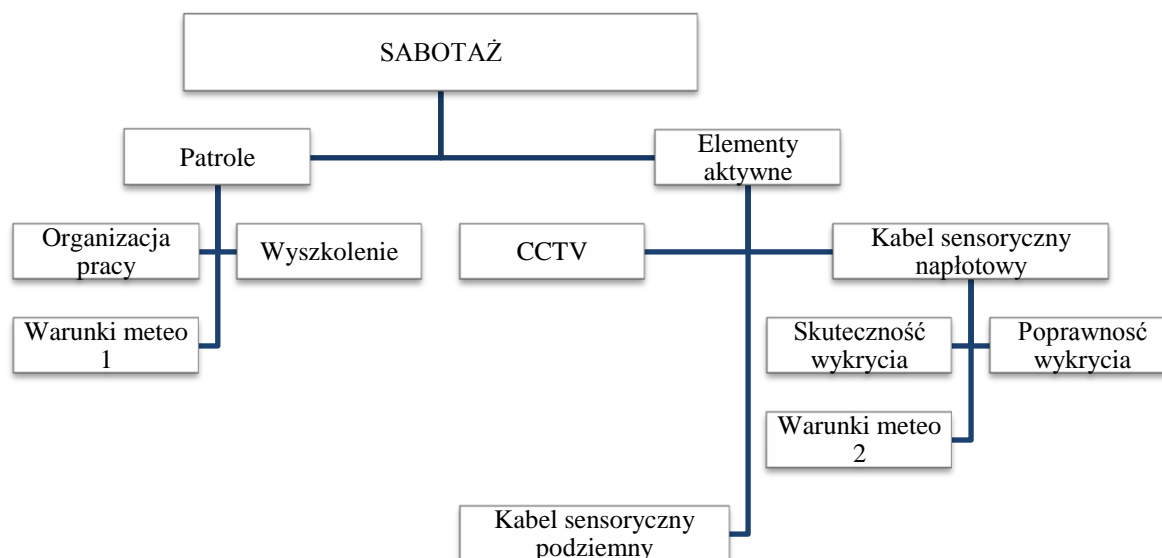


Rys. 2. Schemat modelu rozmytego głównych czynników wpływających na stan bezpieczeństwa lotniska

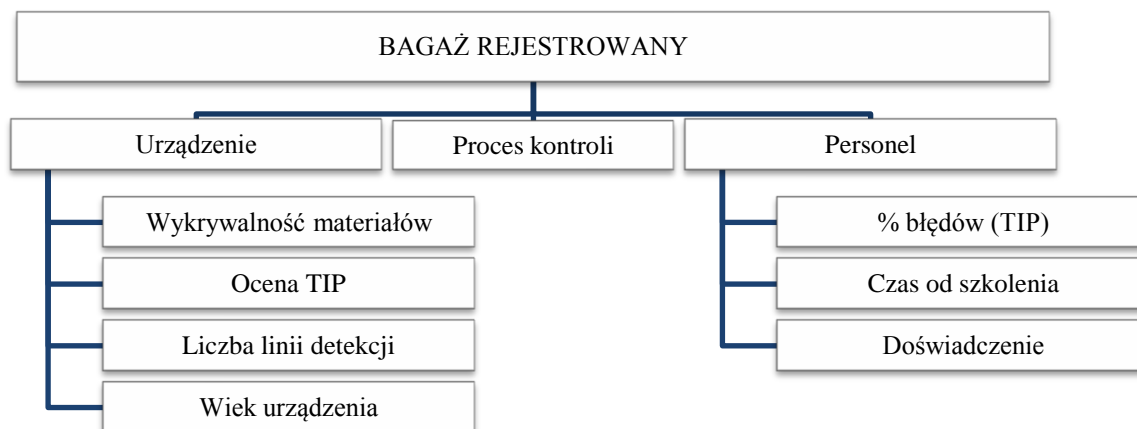
Fig. 2. Scheme of fuzzy model of main factors influencing the state of airport security

Każdy z elementów przedstawionych na rys. 2 stanowi strukturę złożoną i może być traktowany jako reprezentant pewnego rozmytego modelu lokalnego o wielu wejściach. Określenie wartości zmiennych lingwistycznych *Kontrola bagażu*, *Kontrola osób*, *Ochrona*

zewnątrzna oraz *Kultura bezpieczeństwa* wymaga dalszego rozbudowania schematu. Ze względu na objętość artykułu przedstawienie całości opracowanego schematu oceny poziomu bezpieczeństwa lotniska jest niemożliwe. W celu zilustrowania jego istoty na rys. 3 pokazano model lokalny do oceny poziomu ochrony przed nieuprawnionymi działaniami na terenie lotniska, a na rys. 4 model lokalny do oceny systemu kontroli bagażu rejestrowanego.



Rys. 3. Schemat lokalnego modelu rozmytego do wyznaczenia zmiennej lingwistycznej *Sabotaż*
 Fig. 3. Scheme of local fuzzy model to determine the linguistic variable *Sabotaż*

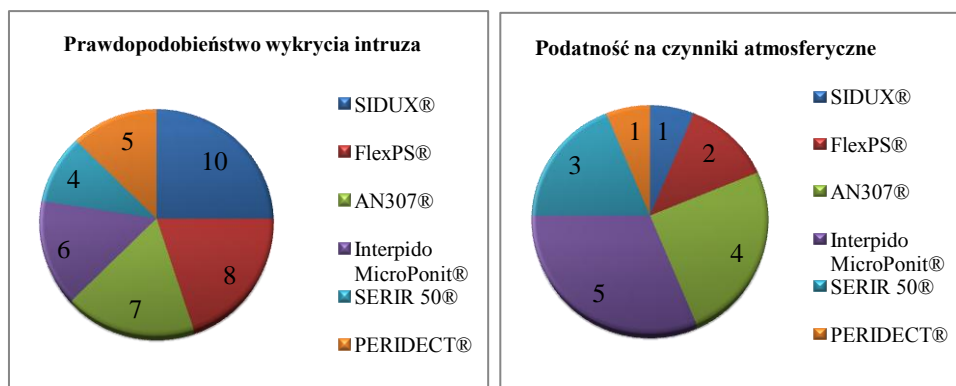


Rys. 4. Schemat lokalnego modelu rozmytego do wyznaczenia zmiennej lingwistycznej *Bagaż rejestrowany*
 Fig. 4. Scheme of local fuzzy model to determine the linguistic variable *Bagaż rejestrowany*

Zmienna lingwistyczna *Sabotaż* (rys. 3) jest determinowana przez dwie zmienne wejściowe: *Elementy aktywne* i *Patrole*. Przyjmujemy, że zmienna *Sabotaż* będzie przyjmowała wartości: *małe*, *średnie* i *duże*, które określają stopień ochrony lotniska przed przebywaniem i działaniem osób niepowołanych na jego terenie. Jednym z elementów tego modelu jest użyta technologia kabla sensorycznego napłotowego. Na rys. 5 przedstawiono przykładowe oceny eksperckie poszczególnych rozwiązań w odniesieniu do dwóch kryteriów

oceny. Przyjęto, że ocena jest dokonywana w skali 1-10, przy czym 1 oznacza wartość skrajnie negatywną, 10 zaś skrajnie pozytywną.

Przyjmując trapezowe funkcje przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Napłotowy*, jej parametry można przedstawić jak w tabeli 1. Oczywiście wartość wyjściowa zmiennej *Napłotowy* jest zależna od wielu czynników, takich jak prawdopodobieństwo wykrycia intruza, podatność na czynniki atmosferyczne (rys. 5), ale także precyzja lokalizacji próby wtargnięcia, podatność na próby obejścia czy współczynnik fałszywych alarmów. Wszystkie one są uwzględniane w analizie.



Rys. 5. Przykładowe oceny eksperckie dla różnych rozwiązań technicznych kabla sensorycznego napłotowego

Fig. 5. Examples of expert assessments for different technical solutions of sensor cable

Tabela 1
Parametry (a, b, c, d)
trapezowej funkcji przynależności
dla modelu *Napłotowy*

<i>Napłotowy</i>				
	a	b	c	d
<i>małe</i>	0	0	2	4
<i>średnie</i>	2	4	6	8
<i>duże</i>	6	8	10	10

Źródło: Opracowanie własne

Zmienna lingwistyczna *Bagaż rejestrowany* (rys. 4) jest determinowana przez trzy zmienne wejściowe: *Urządzenie*, *Personel* i *Proces kontroli*. Przyjmujemy, że zmienna *Bagaż rejestrowany* będzie przyjmowała wartości: *bardzo małe*, *małe*, *średnie*, *duże* i *bardzo duże*, które określają skuteczność tego systemu w aspekcie wykrycia materiałów niedozwolonych w bagażu umieszczanym w luku bagażowym. Jednym z elementów tego modelu jest zdolność urządzenia do wykrycia materiałów wybuchowych. Jest ona zależna głównie od typu urządzenia (standardowe RTG lub EDS – Explosive Detection System). Można zdefiniować 10 parametrów oceny, takich jak: rozdzielczość pojedynczego drutu, penetracja użyteczna, rozdzielczość przestrzenna itd. Spełnienie minimalnych wymagań odnośnie do tych parametrów kontroluje się przy użyciu standardowej próbki testowej, a wyniki testów rejestruje się na specjalnym formularzu. Stopień spełnienia tych wymagań (liczba spełnionych parametrów) jest podstawą do określenia trapezowej funkcji przynależności poszczególnych wartości zmiennej lingwistycznej *Wykrywalność materiałów* (tab. 2).

Tabela 2

Parametry (a, b, c, d)
trapezowej funkcji przynależności
dla modelu *Wykrywalność materiałów*

<i>Wykrywalność materiałów</i>				
	a	b	c	d
<i>bardzo mała</i>	0	0	2	3
<i>mała</i>	2	3	4	5
<i>średnia</i>	4	5	6	7
<i>duża</i>	6	7	8	9
<i>bardzo duża</i>	8	9	10	10

Źródło: Opracowanie własne

Proponowana metoda oceny systemu zabezpieczeń lotniska polega na budowie hierarchicznego systemu wnioskowania rozmytego, w którym wyjścia z modeli lokalnych niższego rzędu są wejściami modeli lokalnych wyższego rzędu. Taki system jest obecnie tworzony, konieczne są jednak dalsze prace, szczególnie nad pozyskiwaniem ocen eksperckich oraz formułowaniem reguł decyzyjnych.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono system ochrony lotniska jako jeden z istotnych czynników wpływających na gotowość operacyjną portu lotniczego. Omówiono elementy składające się na SZPL, które są jednocześnie zmiennymi decyzyjnymi dla zarządzającego portem lotniczym podczas realizacji przez niego zadania konfiguracji SZPL. Wskazano, że brak jest obecnie metod kompleksowej oceny tego systemu, pokazującej, na ile skuteczna jest ochrona przed zagrożeniami, które mogą doprowadzić do utraty gotowości operacyjnej. Zaproponowano rozmytą analizę SZPL opartą na modelu zależności i wpływu poszczególnych elementów systemu na końcowy poziom ochrony lotniska. Przedstawiono zarys modelu ogólnego oraz przykłady dwóch z modeli lokalnych.

Wstępne analizy pokazują, że proponowane podejście może być skuteczne jako element systemu wspomagania zarządzającego portem lotniczym w zakresie konfiguracji SZPL.

Bibliografia

1. Barcik J., Czech P.: Bezpieczeństwo transportu lotniczego w świetle międzynarodowych konwencji antyterrorystycznych. *Przegląd Komunikacyjny*, 12/2007, s. 13-16.
2. Barcik J., Czech P.: Czy można zestrzelić samolot cywilny? (kontrowersje na tle polskiego prawa lotniczego). *Przegląd Komunikacyjny*, 3/2008, s. 29-34.
3. Gerstenfeld A., Berger P.D., 2011. A decision-analysis approach for optimal airport security, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 4 (1), p. 14-21.
4. Gkritza K., Niemeier D., Mannering F., 2006. Airport security screening and changing passenger satisfaction: An exploratory assessment, *Journal of Air Transport Management*, 12 (5), p. 213-219.

5. Hainen A.M., Remias S.M., Bullock D.M., Mannering F.L., 2013. A hazard-based analysis of airport security transit times, *Journal of Air Transport Management*, 32 (0), p. 32-38.
6. ICAO, 2010. Podręcznik Ochrony Lotnictwa Cywilnego przed aktami bezprawnej ingerencji, International Civil Aviation Organization, Doc. 8973.
7. Kirschenbaum A., Mariani M., Van Gulijk C., Rapaport C., Lubasz S., 2012. Trusting technology: Security decision making at airports, *Journal of Air Transport Management*, 25 (0), p. 57-60.
8. Kozłowski M., 2004. Metoda oceny gotowości operacyjnej portu lotniczego, rozprawa doktorska, WT PW, Warszawa.
9. Kozłowski M., Skorupski J., Stelmach A., 2008. Wpływ gotowości operacyjnej na przepustowość portu lotniczego, [w:] *Metody badania gotowości systemów*, ITE PIB, Radom, s. 183-191.
10. de Lange R., Samoilovich I., van der Rhee B., 2013. Virtual queuing at airport security lanes, *Eur. J. Oper. Res.* 225 (1), p. 153-165.
11. Prawo lotnicze, 2002. Ustawa z dnia 3 lipca 2002 (Dz.U. z 2002 r., nr 130, poz. 1112), z późn. zmianami.
12. Soukour A., Devendeville L., Lucet C., Moukrim A., 2013. A Memetic Algorithm for staff scheduling problem in airport security service, *Expert Syst. Appl.*, 40 (18), p. 7504-7512.
13. Uchroński P., 2011a. Responsibilities of Airport Management in a Crisis Situation – Information Flow, [in:] Mikulski J. (ed.) *Modern Transport Telematics, Communications in Computer and Information Science*. Vol. 239, Springer, Berlin-Heidelberg, p. 299-305.
14. Uchroński P., 2011b. Wpływ infrastruktury terminalowej na ochronę lotnictwa cywilnego, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Transport*, z. 72, Gliwice, s. 101-108.
15. Wetter O.E., 2013. Imaging in airport security: Past, present, future, and the link to forensic and clinical radiology, *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 1 (4), p. 152-160.